Cereal Biotechnology and Biochemistry
Online ISSN: 2783-5170
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

Evaluation of baking quality of wheat produced by farmers in Iran at rainfed and irrigated farms

Seyed Shahryar Jasemi[1] & Mahdi Shaaban[2]

[1] Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

[2] Coach, Agriculture Research and Garden Research Department, Lorestan Province Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Boroujerd, Iran.

Corresponding author. E-mail: shaaban.mehdi@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: In addition to the genetic structure of the grain, the baking quality of wheat is influenced by a set of effects of soil, water, air, seed and grain storage. Climatic conditions and crop management, such as the amount of irrigation water, fertiliser, pest and disease management, harvesting conditions and the way wheat is stored until it is converted into flour, all affect the final quality of the bread produced. The quality of bread depends on the quality of the wheat produced. On the other hand, the baking value of different wheat cultivars depends on the amount of their components, especially the gluten in the grain. The quality of wheat varies across different cultivars and climatic conditions. Examining the diversity between wheat produced in different parts of the country can help researchers identify superior cultivars and better climatic conditions, leading to precise planning for higher wheat production. Therefore, this study was conducted to investigate the baking quality of wheat produced throughout 31 provinces of Iran during a five-year study.

Materials and methods: In this study, the quality of wheat cultivars produced in farmers' fields was examined. In this study, 6787 samples of 34 wheat cultivars were collected during five years from 2015 to 2019 nationwide and were examined for baking quality.

Results: The results of this study showed that the highest thousand kernel weight, by 46.1 g, belonged to irrigated wheat cv. Ehsan. Also, the highest grain protein content was obtained in irrigated wheat cv. Mehrgan (12.4 %). The highest wet gluten content was recorded in irrigated wheat cv Verinak (29.7 %). Between rainfed cultivars, the highest grain hardness index was recorded in Zagros cultivar by 49.7. The results also indicated that the highest Zeleny sediment volume was obtained in irrigated wheat cv—Verinak by 32.3 ml. The results showed that the highest SDS sediment height was related to the Mehrgan cultivar (63.1mm), and the Homa cultivar had the lowest SDS sediment volume by 49.3 mm.

Conclusion: In general, the results showed that overall, the baking quality of irrigated wheats produced in Iran was higher than that of rainfed wheats, and the Ehsan, Mehregan, and Verinak cultivars had higher baking quality for bread production. The existence of a positive correlation between quality traits provides the opportunity to select desirable wheat populations with better baking characteristics by selecting cultivars that have related quality characteristics. Based on the results of this study, it is possible to plan at the macro-level the production of high-quality wheat cultivars for the production of desirable bread.

Keywords: Bread, Gluten, Grain protein, Cultivar, Zeleny sediment volume.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 21 Nov 2024, **Revised:** 11 Dec 2024, **Accepted:** 04 Feb 2025, **Published online:** 28 Mar 2025

Cite this article: Jasemi, S. S. & Shaaban, M. (2025). Evaluation of baking quality of wheat produced by farmers in Iran at rainfed and irrigated farms. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, *4*(1), 26-48. DOI: 10.22126/cbb.2025.12418.1115

© The Author(s).

Publisher: Razi University

10.22126/cbb.2025.12418.1115

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

بررسی کیفیت نانوایی گندم‌های تولیدی کشاورزان در مزارع دیم و آبی ایران

سید شهریار جاسمی[۱] و مهدی شعبان[۲]✉

[۱] استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
[۲] مربی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بروجرد، ایران.
✉نویسنده مسئول. رایانامه: shaaban.mehdi@gmail.com

چکیده

مقدمه: کیفیت نانوایی گندم علاوه بر ساختار ژنتیکی دانه، تحت تأثیر مجموعه‌ای از اثرات خاک، آب، هوا، ذخیره بذر و دانه است. شرایط اقلیمی و مدیریت زراعی مانند میزان آب آبیاری، کود، مدیریت آفات و بیماری‌ها، شرایط برداشت و نحوه نگه‌داری گندم تا زمان تبدیل شدن به آرد، همه روی کیفیت نهایی نان تولیدی اثر دارد. کیفیت نان وابسته به کیفیت گندم‌های تولیدی می‌باشد. از طرفی ارزش نانوایی ارقام مختلف گندم به مقدار ترکیبات آن‌ها و به‌خصوص گلوتن موجود در دانه وابسته است. کیفیت گندم در ارقام مختلف و شرایط آب و هوایی متفاوت با هم یکسان نیست. بررسی تنوع بین گندم‌های تولید شده در نقاط مختلف کشور می‌تواند محققان را در شناسایی ارقام برتر و شرایط آب و هوایی بهتر یاری نموده و به برنامه‌ریزی دقیق برای تولید بالاتر گندم منجر شود. از این رو، این مطالعه به منظور بررسی کیفیت نانوایی گندم‌های تولید شده در مناطق مختلف از ۳۱ استان ایران طی یک مطالعه پنج ساله انجام گردید.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه کیفیت ارقام گندم تولیدی در مزارع کشاورزان در سطح کل مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تعداد ۶۷۸۷ نمونه از ۳۴ رقم گندم در طی پنج سال زراعی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ در سطح کل کشور جمع‌آوری و از نظر کیفیت نانوایی مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد بالاترین میزان وزن هزار دانه به مقدار ۴۶/۱ گرم متعلق به گندم آبی رقم احسان بود. همچنین بالاترین میزان پروتئین دانه در گندم آبی رقم مهرگان (۱۲/۴ درصد) حاصل گردید. میزان گلوتن مرطوب در گندم آبی رقم ارقام ویریناک (۲۹/۷ درصد) بالاترین میزان بود. گندم دیم رقم زاگرس بالاترین شاخص سختی دانه به میزان ۴۹/۷ را در بین گندم‌های دیم دارا بود. همچنین نتایج بیانگر این مطلب بود که گندم آبی رقم ویریناک با ۳۲/۳ میلی‌لیتر بیشترین میزان حجم رسوب زلنی را دارا بود. نتایج نشان داد بیشترین میزان ارتفاع رسوب SDS مربوط به رقم مهرگان (۶۳/۱ میلی‌متر) بود و رقم هما دارای کمترین میزان حجم رسوب SDS به میزان ۴۹/۳ میلی‌متر بود.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، کیفیت نانوایی گندم‌های آبی تولیدی کشور بالاتر از گندم‌های دیم بود و ارقام احسان، مهرگان و ویریناک دارای کیفیت نانوایی بالاتری جهت تولید نان بودند. وجود همبستگی مثبت بین صفات کیفی این فرصت را فراهم نموده که با انتخاب ارقامی که دارای خصوصیات کیفی مرتبط به هم هستند بتوان توده‌های گندم مطلوبی که دارای خاصی نانوایی بهتری هستند را گزینش نمود. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان در سطح کلان در مورد تولید ارقام گندم با کیفیت جهت تولید نان مطلوب برنامه‌ریزی نمود.

واژه‌های کلیدی: نان، گلوتن، پروتئین دانه، رقم، حجم رسوب زلنی.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۱ **اصلاح:** ۱۴۰۳/۰۹/۲۱ **پذیرش:** ۱۴۰۳/۱۱/۱۶، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۰۱/۰۸

استناد: جاسمی، س. ش. و شعبان، م. (۱۴۰۴). بررسی کیفیت نانوایی گندم‌های تولیدی کشاورزان در مزارع دیم و آبی ایران. *بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات*، ۴(۱)، ۲۶-۴۸. DOI: 10.22126/cbb.2025.12418.1115

ناشر: دانشگاه رازی
© نویسندگان.

مقدمه

گندم با نام علمی *Triricum aestivum* مهمترین غله در دنیا است که در بیش از ۴۰ کشور دنیا، منبع اصلی تأمین پروتئین و رژیم غذایی بشر را تشکیل می‌دهد (Abdelaleema & Al-Azab, 2021). گندم‌های هگزاپلوئید کنونی با ژنوم AABBDD از ترکیب سه نوع گندم قدیمی با نام علمی *T. urartu* به عنوان منبع و دهنده ژنوم A و *Aegilops speltoides* به عنوان منبع و دهنده ژنوم B و *Aegilops Tauschii* به عنوان منبع و دهنده ژنوم D به وجود آمده است (Gordon *et al*., 2018). جمع شدن این سه نوع ژنوم، با هم روی کیفیت نانوایی گندم اثرگذار بودهو سبب شده گندمی تولید شود که دارای کیفیت بالا جهت اهداف نانوایی باشد. کیفیت گندم وابسته به ترکیبات موجود در آرد، به‌ویژه پروتئین و اجزای پروتئین دانه است (Mokhtari *et al*., 2025). بر اساس آمار سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد، گندم در جهان بیشترین سطح زیر کشت را در بین محصولات زراعی دارد و از نظر سازگاری و کشت در مناطق مختلف جهان، حائز رتبه نخست در بین غلات می‌باشد (FAO, 2020). ایران از نظر شرایط اقلیمی و آب و هوایی، در چهار اقلیم گرم و مرطوب سواحل خزر، گرم و خشک جنوب، معتدل و سرد تقسیم‌بندی می‌گردد (Jalal Kamali *et al*., 2012)، که در هریک از این اقلیم‌ها، رقم‌های مختلف گندم که بیشترین سازگاری را با محیط دارند، کشت می‌شوند. اقلیم‌های مختلف و همچنین تنش‌های زنده (انواع بیماری‌های زنگ، آفت سن گندم و ...) و تنش‌های غیر زنده (خشکی، شوری، فقر عناصر غذایی خاک و...) می توانند تأثیرات زیادی بر خصوصیات کیفی دانه گندم داشته باشند. به طور کلی، در طول دوره پر شدن دانه گندم، اجزای پروتئینی دانه نسبت به شرایط محیطی و تنش‌های خشکی و حرارتی بسیار حساس می‌باشند، اگرچه افزایش میزان پروتئین در دانه لزوماً سبب افزایش کیفیت پروتئین نخواهد شد (Bilgin *et al*., 2016).

به منظور بررسی خصوصیات کیفی گندم، باید شاخص‌هایی وجود داشته که بررسی آن‌ها بتواند نیم‌رخی از وضعیت کیفی و خاصیت نانوایی آرد آن ارائه نماید. برخی از اجزایی که در کیفیت خمیر و نان گندم دخیل هستند، عبارتند از مقدار خاکستر کل، پروتئین کل، گلوتن خشک، شاخص گلوتن، حجم رسوب زلنی و عدد فالینگ که اطلاعات جامعی در مورد پتانسیل کیفیت نانوایی گندم ارائه می‌دهند (Lacko-Bartošová *et al*., 2022). خواص رئولوژیکی خمیر بستگی به ماده چسبنده و قابلیت کشش گلوتن دارد (Sadeghi & Dehghani, 2016). محتوای پروتئین آرد گندم یکی از پارامترهای مهم مرتبط با خاصیت کش‌سانی گلوتن و بیان‌کننده کیفیت صنعتی آن است (Lacko-Bartošová *et al*., 2022). میزان پروتئین گندم تأثیر مستقیمی بر کیفیت نان دارد و افزایش پروتئین می‌تواند ضایعات نان را به حداقل برساند. با توجه به اینکه در ایران بیشتر از نان‌های پهن استفاده می‌شود، پروتئین‌های گندم به‌ویژه گلوتن و گلیادین، نقش زیادی در افزایش کیفیت این

قبیل نان‌ها دارند. پایداری، دوام و کیفیت نان پهن در مصرف و کاهش ضایعات آن نیز اهمیت بسزایی داشته، کـه این امر ناشی از افزایش پروتئین مورد اشاره است. زمان و دوام نگه‌داری نان و خاصیت کشش خمیر بـه پروتئین‌های گلوتنین و گلیادین بستگی دارد (Pascut *et al*., 2004). گلوتنین و گلیادین در مجموع پروتئین گندم را تشکیل داده که اثر مستقیم در کیفیت خمیر، کشسانی و خاصیت پخت نان دارند. مطالعه پروتئین‌های گلوتنین پلیمری در محلول سولفات دودسیل سدیم (SDS) به عنوان روش نوینی برای پیشگویی خواص کمی و کیفی گندم، خمیر و نان مطرح است. همچنین، شاخص گلوتن پارامتری است که کش‌سانی گلوتن را ارزیابی نموده و خاصیت تکنولوژیکی آرد را تعیین می‌کند (Horvat *et al*., 2021). حجم رسوب SDS ساده‌ترین و بهترین روش در تعیین خواص کیفی نانوایی می‌باشد. حجم مناسب رسوب SDS گندم‌هایی که ۱۳ درصد پروتئین دارند، هم‌بستگی بسیار بالایی با گلوتن و کیفیت مناسب نانوایی دارد (Sadeghi & Dehghani, 2016). آزمون ارتفاع رسوب SDS معرف استحکام گلوتن است و کیفیت پخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به طوری که اثـر استحکام گلوتن بر کیفیت پخت بـیش از اثـر محتوای پروتئین بوده و شاخص پخت نان نیز با میزان ارتفاع رسوب SDS در ارتباط می‌باشد (Nikooseresht *et al*., 2009).

بررسی کیفیت گندم‌های تولید داخل می‌تواند ما را در جهت شناسایی مناطق و انواع گندم دارای کیفیت بالا سوق داده و بر اساس آن می‌توان برای تولید گندم‌های با کیفیت بالا در سطح ملی برنامه‌ریزی نمود. در این راستا مطالعات اندکی در کشور در زمینه بررسی کیفیت گندم‌های داخل انجام شده است. از جمله در مطالعه پیرایش‌فر و همکاران (Pirayeshfar *et al*., 2006) مشخص شد که از مجموع ۱۳/۸۸ میلیون تن گندم تولید شده در ۲۷ استان کشور در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲، بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری کیفیت گندم از طریق شاخص‌های وزن هزار دانه، وزن هکتولیتر، درصد سن زدگی، حجم رسوب زلنی، مقدار رطوبت، سختی دانه، درصد جذب آب، عدد فالینگ، درصد گلوتن مرطوب، اندیس گلوتن و درصد گلوتن خشک، مقدار ۶۶/۳ درصد از آن‌ها دارای کیفیت خوب، ۳۲/۳۲ درصد دارای کیفیت متوسط و ۱/۳۸ درصد دارای کیفیت ضعیفی بودند. همچنین در مطالعه نجفیان و همکاران (Najafian *et al*., 2013) مشخص شد که از ۵۲۷۸ نمونه گندم جمع‌آوری شده طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۱ از کل کشور ، براساس شاخص‌های اسانداردتعیین کیفیت گندم، گندم‌های جمع‌آوری شده از استان مازندران با امتیاز کلی ۷۵/۸۶ بالاترین کیفیت و گندم‌های جمع‌آوری شده از استان همدان با امتیاز کلی ۶۶/۸۱ دارای کمترین میزان کیفیت بودند. خزایی و همکاران (Khazaei *et al*., 2014) در مطالعه خود، کیفیت گندم‌های تولیدی کشور در چرخه رسمی و غیر رسمی را مورد بررسی قرار داده و توصیه نمودند که گندم‌های تولیدی در مزارع رسمی نسبت به مزارع غیررسمی، از کیفیت بالاتری برخوردار بودند و جهت حفظ کیفیت

بذرهای تولیدی در مزارع غیررسمی بایستی عملیات زراعی همانند مزارع رسمی انجام گیرد. افزایش عملکرد گندم در واحد سطح که به عنوان مهم‌ترین راهکار برای نجات بشریت از فقر و گرسنگی است، عمدتاً متکی بر اصلاح، شناسایی و ایجاد ارقام پر محصول و با خصوصیات و پتانسیل‌های کمی و کیفی بالا می‌باشد (Bayat *et al.*, 2023). سالانه ارقام زیادی از گندم نان در مزارع کشور کشت می‌شود که آمار و اطلاعات دقیقی درباره کیفیت دانه تولیدی آن‌ها وجود ندارد (Jasemi *et al.*, 2021). از این رو، مطالعه گندم‌های تولیدی کشور به عنوان پتانسیلی که در حال حاضر در دسترس محققین است، می‌تواند محققان را در زمینه شناسایی ارقام و توده‌های با ویژگی‌های کمی و کیفی مطلوب یاری نموده و برنامه‌ریزی بهتری جهت تولید گندم با کمیت و کیفیت بالا انجام داد. از این رو، این مطالعه به منظور بررسی خصوصیات کیفی گندم‌های تولیدی در کل کشور طی یک مطالعه پنج ساله انجام گردید.

مواد وروش‌ها

پژوهش حاضر به منظور بررسی خصوصیات کیفی گندم‌های تولیدی از ارقام دیم و آبی گندم نان از مزارع زارعین سراسر کشور در پنج سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۲ صورت گرفت. در این تحقیق تعداد ۶۷۸۷ نمونه دانه گندم از ۳۲ رقم گندم نان (آبی ۲۵ رقم و دیم ۷ رقم) از مزارع کشاورزان در ۳۱ استان کشور طی پنج سال زراعی ۹۷-۱۳۹۲ جمع‌آوری و به آزمایشگاه شیمی و تکنولوژی غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انتقال داده شدند. این ارقام در هر ۵ سال بسته به کشت زارعین اضافه و کم شدند. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بوجاری آزمایشگاهی (مدل a/s Rationel Kornservice)، بوجاری گردید و گرد و خاک، کاه و کلش، بذر سایر محصولات و علف‌های هرز و سایر مواد، به غیر از بذر گندم، از محموله‌های بذری جداسازی گردید. پس از آن، وزن هزار دانه نمونه‌ها با استفاده از دستگاه دانه شمار (Seed counter) شمارش و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. در ادامه، دو نوع آرد کامل و آرد آندوسپرم تهیه شدند. برای تهیه آرد کامل (جهت ارزیابی میزان پروتئین، گلوتن مرطوب و سختی دانه) از آسیاب چکشی آزمایشگاهی (Laboratory Mill 3100) و برای تهیه آرد سفید فاقد سبوس (جهت اندازه‌گیری عدد زلنی و ارتفاع رسوب SDS وکیفیت پروتئین گلوتن) از آسیاب غلطکی (Brabender) استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه از استاندارد تدوین شده توسط انجمن شیمی‌دانان غلات آمریکا (AACC) شماره ۱۰-۴۶ (AACC, 2000).و روش کجلدال استفاده شد. بدین منظور، مقدار یک گرم نمونه توزین و پس از قرارگیری در لوله هضم، مقدار ۰/۸ گرم کاتالیزور روی آن ریخته و سپس سه میلی‌لیتر اسید سولفوریک به نمونه‌ها اضافه گردید. پس از این مرحله، نمونه‌ها به همراه لوله روی اجاق هضم قرار گرفته و به آهستگی حرارت داده شدند. پس از اینکه محتویات لوله، بی‌رنگ و زلال گردید، به مدت ۲۰ دقیقه دیگر عملیات

هضم ادامه یافت و در ادامه پس از سرد شدن لوله‌ها، به هر لوله ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و پس از ورتکس کردن، لوله به طور مستقیم در دستگاه اندازه‌گیری نیتروژن قرار گرفته و با تنظیم ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین، میزان پروتئین نمونه‌ها محاسبه گردید (Jasemi *et al*., 2017). برای اندازه‌گیری میزان گلوتن مرطوب از استاندارد AACC شماره ۱۱-۳۸ استفاده شد (AACC, 2000). بدین منظور مقدار ۱۰ گرم نمونه آرد به اتاقک شستشوی دستگاه گلوتن‌شوی (Perten, Sweden) انتقال داد شد و سپس مقدار ۴/۸ میلی‌لیتر محلول آب نمک دو درصد به نمونه‌ها اضافه و عمل مخلوط کردن و شستشو به مدت دو دقیقه انجام گردید. بعد از یک مرحله، شستشو در زیر جریان ملایم با آب سرد (به منظور حذف ذرات نشاسته و سبوس)، مجدداً اتاقک به دستگاه وصل و عمل شستشو تا تکمیل شستشوی گلوتن باقیمانده به طور متوالی ادامه یافت. در پایان گلوتن مرطوب به دو قسمت تقریباً مساوی تقسیم و روی صفحات مشبک سانتریفیوژ قرار داده شد تا رطوبت اضافی آن خارج و میزان گلوتن مرطوب بر حسب وزن نمونه اولیه ثبت گردید (Jasemi *et al*., 2017). برای ارزیابی میزان سختی دانه از دستگاه NIR (Perten, Sweden) استفاده شد. شاخص یا عدد زلنی نیز با استفاده از استاندارد AACC به شماره ۵۴-۱۱ محاسبه شد (AACC, 2000). اندازه‌گیری ارتفاع رسوب SDS با استفاده از روش کارتر و همکاران (Carter *et al*., 1999) انجام گردید. در این روش مقدار ۰/۶ گرم آرد نمونه با درجه استخراج ۷۵ درصد با چهار میلی‌لیتر آب مقطر درون لوله آزمایش قرار داده و به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شدند. پس از پنج دقیقه استراحت مقدار ۱۲ میلی‌لیتر محلول سدیمانتاسیون[1] شامل نسبت حجمی ۱ به ۴۸ از SDS ۱/۵ درصد و اسید لاکتیک ۸۵ درصد در آب (۱:۸) به لوله اضافه شده و عمل ورتکس به مدت ۴۰ ثانیه روی شیکر زلنی صورت گرفت. بعد از پنج دقیقه استراحت، عمل مخلوط کردن ۴۰ ثانیه ادامه و در خاتمه بعد از سپری شدن ۱۰ دقیقه استراحت، ارتفاع محتویات در حالت عمودی به عنوان ارتفاع رسوب SDS اندازه‌گیری گردید (Jasemi *et al*., 2017). تجزیه داده‌ها، رسم گراف، تجزیه هم‌بستگی و تجزیه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار XLSTST انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد در بین ارقام گندم مورد بررسی، در بین ارقام آبی رقم احسان با میانگین ۴۶/۱ گرم بیش‌ترین و رقم سایسون با ۳۴/۱ گرم، کم‌ترین میزان وزن هزار دانه را در بین نمونه‌های گندم در سطح کشور دارا بودند (جدول ۱). وزن هزار دانه یکی از اجزایی است که به طور غیر مستقیم در کیفیت پخت نان اثر دارد (Lacko-Bartošová *et al*., 2022). وزن هزار دانه در گندم‌های تولیدی هر منطقه با هم متفاوت بوده (Jasemi *et al*., 2017)، که این می‌تواند به دلیل شرایط آب و هوایی مختلف حاکم بر هر منطقه و همچنین مدیریت

[1] Sedimentation

زراعی متفاوت و تغذیه با نهاده‌های مختلف و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه باشد. صفت وزن هزار دانه در تعیین پتانسیل آرد گندم دخالت مستقیم دارد و برای صاحبان کارخانه‌های تولید آرد به عنوان یک صفت کیفی پذیرفته شده است. هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، در یک مطالعه، عنوان شد که بین گندم‌های مختلف از گونه‌های مختلف که دارای وزن هزار دانه متفاوتی بودند، خاصیت نانوایی متفاوتی نیز داشتند. به علاوه گندم‌هایی که دارای وزن هزار دانه کمتری نیز هستند، پایداری بالاتری دارند (Lacko-Bartošová *et al*., 2022).

علاوه بر وزن هزار دانه، بین گندم‌های تولیدی کشور از نظر درصد رطوبت و درصد جذب آب نیز اختلاف وجود داشت. در این مطالعه مشخص شد که بیشترین درصد رطوبت و درصد جذب آب به‌ترتیب در گندم‌های آبی، رقم‌های گنبد و مهرگان با مقادیر ۱۱/۸ و ۶۴/۹ درصد ثبت شد (جدول ۱). در حالی که کمترین درصد رطوبت و درصد جذب آب به ترتیب در گندم‌های دیم باران و هما به مقادیر ۸/۹ درصد و ۶۲/۱ درصد به ثبت رسید (جدول ۲). درصد رطوبت آرد از عامل‌های تأثیرگذار در کیفیت آرد مصرفی نانوایی می‌باشد (Mis, 2003). پایین یا بالا بودن رطوبت می‌تواند باعث افزایش خسارات به محصول در زمان برداشت و انبارداری شده و از طرفی می‌تواند تا حدودی هزینه‌های فرآیندهای پس از برداشت را افزایش دهد، به‌طوری‌که انبار گندم با میزان رطوبت بیشتر از ۱۳ تا ۱۴ درصد، باعث تشدید واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی شده و کیفیت آرد را پایین می‌آورد (Rakszegi *et al*., 2019). علاوه بر درصد رطوبت، درصد جذب آب نیز یکی از شاخص‌هایی است که روی کیفیت آرد اثر مستقیم دارد که در این مطالعه رقم مهرگان دارای بالاترین میزان درصد جذب آب بود. کیفیت بالاتر ارقامی که درصد جذب آب بالاتری دارند، به دلیل نسبت بالاتر گلوتنین به گلیادین است که باعث استحکام بیشر گلوتن و خمیر شده و همین امر همراه با افزایش جذب آب توسط آرد می‌باشد (Rakszegi *et al*., 2019). رقم مهرگان جزو ارقام گرمسیری بوده و به دلیل اینکه ارقام گرمسیر دارای پروتئین بالاتری نسبت به ارقام سردسیر هستند، می‌توان این گونه بیان نمود که در رقم مهرگان نسبت گلوتنین به گلیادین بیشتر بوده و همین‌امر روی بالاتر بودن درصد جذب آب توسط آرد این رقم اثر مثبت دارد. به عقیده میس (Mis, 2003) افزایش جذب آب توسط آرد خواص رئولوژیکی خمیر را اصلاح نموده و توانایی جذب آب، بیشتر و به دنبال آن حجم نان نیز افزایش خواهد یافت.

سختی دانه یکی از شاخص‌های کلیدی در سنجش کیفیت دانه به شمار می‌آید و بسیاری از کشورها از آن برای طبقه‌بندی تجاری رقم‌های گندم نان استفاده می‌کنند. این ویژگی به عنوان یک شاخص ژنتیکی، نمایانگر تراکم و فشردگی گرانول‌های نشاسته در آندوسپرم دانه است. به طور کلی، گندم‌های سخت معمولاً دارای مقدار و کیفیت پروتئین بالاتری هستند، آندوسپرم آن‌ها سخت و شیشه‌ای بوده و در فرآیند آسیاب، میزان

استخراج آرد بیشتری را فراهم می‌کنند، که به طبیعت زبر آرد منجر می‌شود. همچنین، میزان نشاسته آسیب دیده مکانیکی در آرد گندم‌های سخت، بیش از گندم‌های نرم است. در نتیجه، خواص نانوایی گندم‌های سخت به مراتب بهتر از گندم‌های نرم است (Peighambardoust, 2017). درجه سختی بالاتر در دانه گندم بیانگر درصد پروتئین بیشتر و در نتیجه کیفیت بالاتر در دانه گندم از نظر نانوایی و پخت می‌باشد (Lindgren & Simsek, 2016). نتایج ارزیابی خصوصیات کیفیت نمونه‌های دانه ارقام گندم کشور در این پژوهش نشان داد که شاخص سختی دانه ارقام گندم آبی کشور بین ۴۶ (رقم اروم) و ۵۱/۹ (رقم ویریناک) متغیر بود و سایر ارقام گندم آبی بین این دو دامنه از نظر سختی دانه قرار داشتند (جدول۱). بجز رقم زاگرس که دارای شاخص سختی دانه ۴۹/۷ بود، سایر ارقام گندم دیم شامل ارقام هما، سرداری، باران، آذر۲، کوهدشت و کریم به‌ترتیب با شاخص سختی دانه ۴۲/۱، ۴۲/۴، ۴۳/۲، ۴۴/۲، ۴۶/۵ و ۴۸/۵ کمترین میزان شاخص سختی دانه را در بین ارقام گندم کشور داشتند (جدول ۲). بطور کلی دانه‌های گندم با شاخص سختی دانه ۶۴-۴۵ به لحاظ درجه‌بندی در دسته متوسط سخت قرار می‌گیرند (Peighambardoust, 2017). بر اساس این طبقه‌بندی شاخص سختی دانه بیشتر ارقام گندم این پژوهش (بجز ارقام دیم) در دسته متوسط سخت قرار می‌گیرند. شاخص سختی دانه یک صفت ژنتیکی است که تراکم و فشردگی گرانول‌های نشاسته در آندوسپرم را نشان می‌دهد. در دانه‌های گندم با شاخص سختی دانه بالا، گرانول‌های نشاسته با سایر ترکیبات غیر پروتئینی و اجزای غیر نشاسته‌ای محکم به هم دیگر چسبیده‌اند. به‌طور کلی گندم‌های با شاخص سختی دانه بیشتر، دارای آندوسپرم سخت و شیشه‌ای بوده و همچنین مقدار و کیفیت پروتئین بیشتری دارند. با افزایش سهم پروتئین دانه، فضاهای خالی بین سلول‌های آندوسپرم کم شده و در نتیجه، سختی دانه افزایش یافته و بنابراین، شاخص سختی در کیفیت آسیاب نیز تأثیر می‌گذارد و دانه‌های سخت به نیروی بیشتری جهت آرد شدن نیاز دارند و خسارت نشاسته‌ای بیشری خواهند داشت و برای خمیر شدن نیز به آب بیشتری نیاز دارند (Gulfam *et al.*, 2024).

کیفیت نانوایی در گندم به میزان زیادی به میزان و کیفیت پروتئین دانه گندم وابسته است و این کیفیت تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی است (Longin *et al.*, 2016). در نظام‌های زراعی مختلف، میزان و کیفیت پروتئین دانه تحت تأثیر عواملی از قبیل راهبردهای زراعی، منبع تأمین کننده نیتروژن، کاربرد کودهای مختلف و مدیریت زراعی کشاورز می‌باشد (Zörb *et al.*, 2018). میزان پروتئین در غلات از جنبه‌های تغذیه‌ای (میزان کالری و اسیدهای آمینه)، اقتصادی (قیمت‌گذاری غله) و ارزیابی خواص عملکردی آرد گندم (نوع پروتئین‌ها و کمیت و کیفیت آن‌ها) حائز اهمیت است (Naghipour *et al.*, 2022). نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین میزان پروتئین دانه ارقام گندم تولیدی کشور از ۱۱ تا ۱۲/۴ درصد متغیر بود. در بین ارقام آبی ارقام مهرگان

(۱۲/۴ درصد) و هما (۱۱ درصد) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم ترین میزان پروتئین دانه گندم‌های تولیدی مزارع کشور در طی پنج سال آزمایش را داشتند (جدول ۱). بر اساس این استاندارد ملی، تمامی ارقام تولیدی کشور در این آزمایش از نظر درصد پروتئین بین درجات یک و دو قرار دارند و گندم درجه سه بی‌کیفیت در بین آن‌ها وجود نداشت. در تطابق با نتایج این پژوهش، نقی پور و همکاران (Naghipour *et al.*, 2022) در یک تحقیق سه‌ساله و با بررسی خصوصیات کمی گندم‌های جنوب ایران گزارش دادند که رقم مهرگان بیشترین درصد پروتئین را در بین ارقام کشت شده در منطقه جنوب کشور دارد.

مهم‌ترین ماده پروتئینی در گندم گلوتن است که ۸۰ درصد آن را گلیادین و گلوتنین تشکیل داده و هر دو در آب نامحلول هستند. میزان گلوتن معمولاً با افزایش دما در دوره پر شدن دانه‌ها در مناطق گرم، افزایش می‌یابد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دماهای بالا در هنگام پر شدن دانه‌ها تأثیرات متفاوتی بر سنتز پروتئین‌های گلوتنین و گلیادین دارند، به طوریکه تولید گلیادین بیشتر از گلوتنین است و این وضعیت منجر به کاهش قدرت و استحکام خمیر می‌شود (Ahmed, 2015). نتایج نشان داد که در بین ارقام آبی رقم ویریناک (۲۹/۷ درصد) (جدول ۱) و در بین ارقام دیم و زرین و باران (۲۳/۸ درصد) (جدول ۲) به‌ترتیب بیش‌ترین و کمترین میزان گلوتن مرطوب دانه گندم‌های تولیدی مزارع کشور در طی سال‌های آزمایش را داشتند. گلوتن مرطوب مجموعه پروتئین‌های غیرمحلول در آب و قابل استخراج از گندم است و شامل گلوتنین و گلیادین است. زیر واحد گلوتنین دارای وزن مولکولی بالاتری بوده و خاصیت کشش پذیری پایین و الاستیسیته بالایی دارد. در مقابل، گلیادین وزن مولکولی پایین‌تری داشته و کشش‌پذیرتر بوده و الاستیسیته پایین‌تری نیز دارد. میزان گلوتن مرطوب و کیفیت آن بیان‌کننده خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه گندم است (Preiti *et al.*, 2022). پروتئین گلوتن مسئول بروز خصوصیات پخت نان با کیفیت و بی‌نظیر در گندم است که میزان آن در انواع گندم جمع‌آوری شده از نقاط مختلف متفاوت می‌باشد (Racho *et al.*, 2020)، که این می‌تواند به دلیل وجود گستردگی شرایط اکوژئوگرافیکی مناطق جمع‌آوری گندم باشد (Tran *et al.*, 2020). رقم سیروان یکی از ارقام گندم آبی زودرس بوده که متحمل به خشکی است و با انجام یک الی دو آبیاری کمتر از ارقام گندم آبی معمولی، فرآیند تولید بذر را تکمیل نموده و به همین دلیل کوتاهی طول دوره رشد، مقدار پروتئین بیشتری نیز دارد. کاهش نشاسته در شرایط کم‌آبی باعث به هم خوردن نسبت پروتئین به نشاسته و افزایش میزان پروتئین در واحد حجم می‌گردد (Isvand *et al.*, 2005). میزان پروتئین دانه، بیشتر تحت تأثیر عوامل و شرایط محیطی مانند رطوبت قابل دسترس در طول فصل زراعی مخصوصاً در مرحله تشکیل و پرشدن دانه است (Belderok *et al.*, 2000). معمولاً اندازه‌گیری مقدار پروتئین گندم، باعث پیش‌بینی کیفیت گندم و به تبع آن کیفیت نان نمی‌شود، زیرا گندم‌هایی

وجود دارند که با وجود دارا بودن درصد پروتئین بالا، کیفیت نانوایی مطلوبی ندارند (Gulfam *et al*., 2024).

شاخص گلوتن در ارتباط با کشسانی و الاستیسیتی گلوتن است. شاخص گلوتن رفتار کیفی آرد را مشخص نموده و هیچ ارتباطی با مقدار پروتئین در دانه گندم ندارد. شاخص گلوتن یکی از معیارهای سنجش پروتئین گندم است که به طور هم‌زمان امکان ارزیابی کمی و کیفی گلوتن را فراهم می‌کند (Bonfil & Posner, 2012). مقدار متوسط شاخص گلوتن آرد گندم بین ۶۵ تا ۸۰ درصد بوده و در مقادیر کمتر از ۶۵ درصد، کیفیت نان برای اهداف پخت مطلوب نمی‌باشد (Migliorini *et al*., 2016). در این مطالعه مشخص گردید که بالاترین میزان شاخص گلوتن به مقدار ۷۴/۱ درصد در گندم آبی رقم مهرگان حاصل گردید، در حالی که کمترین میزان شاخص گلوتن به مقدار ۲۸/۶ متعلق به گندم آبی رقم ویریناک بود (جدول ۱). صفات گلوتن و نسبت گلیادین به گلوتنین بیشتر از اینکه وابسته به شرایط محیطی رشد گندم باشند، وابسته به رقم گندم هستند، در حالی که میزان و کیفیت پروتئین به‌طور تقریباً یکسانی تحت تأثیر رقم و مکان رشد قرار دارد (Geisslitz *et al*., 2019). اختلاف در شاخص گلوتن و گلوتن مرطوب گندم‌های نقاط مختلف کشور می‌تواند به دلیل شرایط مختلف آب و هوایی در محیط‌های مختلف رشدی توده‌های گندم باشد (Mokhtari *et al*., 2025). براساس نتایج این مطالعه، مشخص شد که اختلاف در میزان تولید گندم، وابسته به شرایط مختلف آب و هوایی در کشور است که می‌تواند روی درصد و ترکیبات مختلف پروتئین از جمله شاخص گلوتن و گلوتن مرطوب اثرگذار باشد. ارقام گندم دارای کیفیت بالاتر دارای شاخص گلوتن بالاتری نیز هستند (Gulfam *et al*., 2024). در این مطالعه نیز رقم آبی مهرگان به دلیل بالاتر بودن شاخص گلوتن از کیفیت نانوایی بالاتری برخوردار می‌باشد. در مطالعه عیوضی و همکاران (Eivazi *et al*., 2006) نیز بیان شد که در شرایط دیم، میزان شاخص گلوتن کاهش می‌یابد.

حجم رسوب زلنی[2] یکی از مهم‌ترین آزمون‌ها برای دسته‌بندی نمونه‌های گندم بر پایه کمیت و کیفیت گلوتن است (Wiwart *et al*., 2017). در آزمون زلنی، پروتئین گلوتن متورم شده و به شکل رسوب در مدت زمان معینی ته‌نشین می‌شود، هر چه محتوای گلوتن و کیفیت بیشتر و بهتر باشد، گلوتن باعث رسوب آهسته‌تر و افزایش عدد زلنی می‌شود و هرچه این عدد بالاتر باشد، کیفیت نان بهتری خواهد داشت (Gulfam *et al*., 2024). آرد گندمی که دارای حجم رسوب زلنی کمتر از ۲۵ میلی‌لیتر باشد، برای اهداف نانوایی مناسب نیست. بررسی صفت حجم رسوب زلنی برای ارقام گندم کشور در این پژوهش نشان داد که رقم ویریناک با ۳۲/۳ میلی‌لیتر (جدول ۱) بیشترین و رقم باران با ۲۰/۷ میلی‌لیتر (جدول ۲) کمترین میزان حجم رسوب زلنی را در بین ارقام گندم تحت بررسی داشتند. دانه گندم با حجم رسوب زلنی کمتر از ۲۰ میلی‌لیتر در دسته ضعیف و دانه گندم با حجم رسوب زلنی بیشتر از ۴۹ میلی‌لیتر در دسته

[2] Zeleny index

فوق‌العاده قوی قرار می‌گیرند (Najafian *et al.*, 2021). نه تمامی پروتئین‌های موجود در دانه گندم برای نانوایی مناسب هستند و نه همه آن‌ها بر کیفیت نان تأثیرگذارند، در نتیجه در آزمون زلنی تمرکز به ارزیابی کیفیت پروتئین‌های گلوتنی با وزن مولکولی بالا بوده که قابلیت تورم و رسوب دارند و میزان تورم این زیرواحدها، به عنوان معیاری برای ارزیابی کیفیت پروتئین آرد تحت عنوان شاخص زلنی می‌باشد (Peighambardoust, 2017). درصد پروتئین دانـه و حجم رسوب زلنی بیشترین اهمیت را در تعیین صفات کیفـی نسل‌های اولیه انتخاب در برنامه‌های اصلاحی گندم ایفا می‌نمایند و نسبت حجم رسوب زلنی به گلوتن خشک منعکس کننده کیفیت گلـوتن می‌باشد و اختلاف کیفی گلوتن ارقام را به طور واقعی نشـان خواهد داد (Mokhtari *et al.*, 2025). با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان ارقام گندم کشت شده در ایران را طی این آزمایش از نظر حجم رسوب زلنی مطلوب ارزیابی کرد که دارای کیفیت واقعی گلوتن بالایی هستند.

ارتفاع رسوب بـا SDS از صفات مهم در ارزیابی‌های کیفی است و نقش مهمی در قدرت گلـوتن داشـته و بـا کیفیت پروتئین مرتبط است. ارقامی که حجم رسوب بالا دارند، از نظر کیفیت نانوایی مطلوب بـوده و دارای استحکام گلوتن بیـشتر هستند و می‌توان بدون توجـه بـه عملکرد دانـه، در پـیش‌بینی بهبود کیفیت نانوایی از آن‌ها استفاده کرد (Mehrazar *et al.*, 2013). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که بیشترین میزان ارتفاع رسوب SDS مربوط به رقم مهرگان (۶۳/۱ میلی‌متر) بود (جدول ۱) و رقم هما دارای کم‌ترین میزان حجم رسوب SDS به میزان ۴۹/۳ میلی‌متر بود (جدول ۲). در آزمون ارتفاع رسوب SDS، پروتئین‌های گلوتنی با وزن مولکولی بالا (گلوتنین ماکروپلی‌مرها) متورم شده و رسوب می‌کنند. بنابراین مقدار و میزان تورم این زیر واحدها می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت بالای پروتئین آرد باشند. بـا حضور زیرواحدهای سنگین پروتئین در پروتئین‌های بذر، ارتفاع رسوب بالا رفته و این زیرواحد روی کیفیت نانوایی گندم اثر مثبت می‌گذارد (Najafian *et al.*, 2021). در آزمایشی مشابه که نیکوسرشت و همکاران (Nikooseresht *et al.*, 2009) روی کیفیت نانوایی گندم‌های ایران انجام دادند، با استفاده از تکنیک الکتروفورز پروتئین ثابت کردند که وجود زیرواحد سنگین ۱۰+۵ بیشتر در پروتئین گندم منجر به افزایش ارتفاع رسوب SDS شده که نشان‌دهنده کیفیت نانوایی بالاتر در این گندم‌ها است. آن‌ها همچنین بیان داشتند که مقادیر بالاتر زیرواحد ۱۲+۲ در پروتئین گندم منجر به کاهش ارتفاع رسوب SDS می‌گردد (Nikooseresht *et al.*, 2009).

حجم نان در گندم‌های تولیدی کل کشور با هم متفاوت بود و بر اساس نتایج این مطالعه مشخص گردید که حجم نان در گندم دیم رقم زاگرس (۴۸۷/۹ سانتی‌متر مکعب) بیشتر از سایر گندم‌ها بوده (جدول ۲) و گندم آبی رقم امید کمترین میزان حجم نان (۴۴۹/۶ سانتی‌متر مکعب) را دارا بود (جدول ۱). شرایط آب و هوایی رشد گندم

می‌تواند روی صفت حجم نان اثر مستقیم داشته باشد و شرایط خشک و کم‌آبی در زمان رشد و پر شدن دانه با حجم نان هم‌بستگی مثبت دارد و همراه با افزایش گلیادین و گلوتنین می‌باشد (Rekowski *et al*., 2021). بیشتر بودن حجم نان در ارقام دیم مانند زاگرس و کمتر بودن آن در ارقام آبی مانند امید نیز، بیانگر اثر مستقیم شرایط آب و هوایی بر حجم نان است؛ به‌طوری‌که که گندم تولیدی در شرایط دیم حجم نان بیشتری نسبت به گندم‌های تولیدی در شرایط آبی داشتند.

نمودار هم‌بستگی بین صفات رسم و شیب مثبت یا منفی بین صفات به‌ترتیب بیانگر هم‌بستگی مثبت یا منفی بین صفات بود (شکل ۱). بر این اساس نتایج حاصل از بررسی هم‌بستگی بین صفات نشان داد صفت وزن هزار دانه با صفات درصد پروتئین دانه و حجم رسوب SDS دارای هم‌بستگی مثبت بود و نمودار هم‌بستگی آن‌ها بیانگر افزایش درصد پروتئین دانه و حجم رسوب SDS در اثر افزایش وزن هزار دانه گندم بود (شکل ۱). نتایج تجزیه هم‌بستگی بین صفات (جدول ۳) نشان داد درصد پروتئین دانه با صفات کیفی از قبیل حجم رسوب زلنی (r=۰/۱۶۱)، حجم نان (r=۰/۶۱۲)، شاخص سختی دانه (r=۰/۷۶۱)، درصد جذب آب (r=۰/۸۴۴)، گلوتن مرطوب (r=۰/۵۰۳) و ارتفاع رسوب SDS (r=۰/۹۴۲) دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد صفت حجم رسوب زلنی با صفات کیفی حجم نان (r=۰/۲۳۸)، درصد رطوبت (r=۰/۳۴۴)، شاخص سختی دانه (r=۰/۴۰۹)، درصد جذب آب (r=۰/۲۸۲)، گلوتن مرطوب (r=۰/۲۰۹) و ارتفاع رسوب SDS (r=۰/۲۴۴) دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بود. حجم نان نیز با صفات کیفی شاخص سختی دانه (r=۰/۵۸۲)، درصد جذب آب (r=۰/۵۶۱)، گلوتن مرطوب (r=۰/۲۴۹) و ارتفاع رسوب SDS (r=۰/۶۵۳) دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بود. درصد رطوبت نیز با صفت گلوتن مرطوب (r=۰/۱۶۴) دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بود. نتایج همچنین نشان داد صفت شاخص سختی دانه دارای هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار با صفات درصد جذب آب (r=۰/۸۹۷)، گلوتن مرطوب (r=۰/۴۲۷) و ارتفاع رسوب SDS (r=۰/۷۶۸) بود. درصد جذب آب نیز با صفات گلوتن مرطوب (r=۰/۴۷۷) و ارتفاع رسوب SDS (r=۰/۸۴۶) هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار داشت. در نهایت نتایج بیانگر وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین گلوتن مرطوب و ارتفاع رسوب SDS (r=۰/۵۶۷) بود (جدول ۲). وجود هم‌بستگی مثبت بین صفات مختلف کیفی نان بیانگر این مطلب است که با افزایش مقدار یک صفت، مقدار صفت دیگر نیز افزایش می‌یابد. در این مطالعه افزایش مقدار یکی از صفات کیفی در برابر صفت دیگر منجر به افزایش خصوصیت کیفیت آرد و نان در گندم می‌گردد. محتوای پروتئین دانه با شاخص زلنی، حجم رسوب SDS، سختی دانه و میزان گلوتن مثبت و معنی‌دار بوده که بیانگر بالاتر بودن کیفیت آرد بود (Mehrazar *et al*., 2013). همچنین نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج پژوهش ایرانی (Irani, 2000) مطابقت داشت. در گندم پروتئین دارای بیشترین میزان هم‌بستگی

با گلوتن است (Vaziri *et al*., 2014). از این رو در این مطالعه نیز مشخص شد که پروتئین با گلوتن مرطوب دارای هم‌بستگی مثبت بوده که در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. وزن هزار دانه بیشتر به خصوصیات ژنتیکی رقم بستگی داشته و با توجه به اینکه خصوصیات کیفی مانند پروتئین دانه به شرایط آب و هوایی وابسته است می‌توان انتظار داشت که بین این صفات با وزن هزار دانه هم‌بستگی وجود نداشته باشد.

جدول ۱- صفات کیفی ارقام گندم آبی نان در مزارع گندم کشور در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ -۱۳۹۲

Table 1 - Qualitative traits of irrigated bread wheat cultivars in Iran during 2015-2019.

Row	Climate	Sample no	Cultivar	Thousand kernel weight (g)	Kernel humidity (%)	Water absorption (%)	Grain hardness index	Protein content (%)	Gluten index (%)	Wet Gluten (%)	Zeleny sediment volume (ml)	SDS sediment height (mm)	Bread volume (cm^3)
1	Cold	59	MV-17	35.7	10.9	63.6	48.4	11.8	50.5	27.8	28.2	58.1	469.4
2	North	162	Ehsan	46.1	10.9	64.2	50.0	11.8	32.0	27.9	27.2	57.9	475.1
3	Moderate	62	Arg	38.9	9.9	63.5	46.4	11.6	45.2	26.1	28.0	56.6	471.9
4	Cold	72	Urum	38.0	9.9	63.1	46.0	11.5	38.4	25.8	26.1	55.1	471.0
5	Cold	210	Alvand	38.9	10.3	63.6	48.1	11.6	38.8	26.2	29.5	55.7	463.2
6	Moderate	59	Omid	39.2	10.5	63.3	46.8	11.5	35.9	26.1	28.8	54.3	449.6
7	Cold	154	Roshan (BC)	39.3	9.9	63.7	47.9	11.8	41.4	25.1	29.2	57.5	473.7
8	Moderate	82	Baharan	40.5	10.0	64.0	49.0	11.7	36.2	24.6	29.6	56.4	476.6
9	Moderate	91	Parsi	41.4	9.8	64.1	49.2	11.9	44.1	26.0	28.2	57.8	478.7
10	Moderate	314	Pishtaz	40.2	10.0	64.3	51.1	11.9	49.9	26.2	29.0	58.3	478.6
11	Cold	716	Pishgam	39.4	10.0	63.4	47.2	11.6	44.6	25	25.9	54.9	467.5
12	Warm	649	Chamran	37.9	10.6	64.2	50.0	11.9	33.4	28.1	29.3	57.9	466.4
13	Warm	205	Chamran2	38.8	9.7	63.9	49.9	12.1	46.3	27.2	25.4	59.7	468.9
14	Moderate	129	Roshan	40.6	10.1	64	49.1	12.0	31.2	27.3	30.0	58.7	472.1
15	Cold	102	Zarin	37.8	10.6	63.4	47.9	11.4	49.5	23.8	30.5	53.6	464.1
16	Cold	92	Saison	34.1	10.3	63.6	47.7	11.8	66.7	25.9	29.1	56.8	473.4
17	Moderate	257	Sirvan	42.8	9.8	64.3	49.3	11.9	53.2	26.9	24.3	58.0	471.1
18	Moderate	136	Sivand	40.0	9.7	64.1	49.0	11.8	44.8	26.3	26.6	57.4	473.3
19	Warm	105	Shiroodi	40.4	10.1	64.4	50.5	12.1	29.7	27.4	28.4	57.8	475.3
20	Cold	94	Gasgogen	40.6	10.7	64.0	49.8	12.0	49.3	26.1	30.4	59.1	479.3
21	North	101	Gonbad	37.4	11.8	64.0	49.4	11.9	35.4	29.1	29.4	58.4	486.9
22	North	172	Morvarid	36.1	11.5	63.6	46.8	11.6	69.9	25.6	28.2	56.1	470.3
23	Warm	114	Mehregan	39.4	9.3	64.9	49.4	12.4	74.1	27.7	25.2	63.1	476.4
24	Cold	245	Mihan	39.5	9.5	63.2	46.7	11.5	49.7	24.6	24.6	54.1	468.1
25	Warm	89	Verinak	35.8	10.4	64.5	51.9	12.2	28.6	29.7	32.3	62.7	483.1

جدول ۲- صفات کیفی ارقام گندم دیم نان در مزارع گندم کشور در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ -۱۳۹۲

Table 2 - Qualitative traits of rainfed bread wheat cultivars in Iran during 2015-2019.

Row	Climate	Sample no	Cultivar	Thousand kernel weight (g)	Kernel humidity (%)	Water absorption (%)	Grain hardness index	Protein content (%)	Gluten index (%)	Wet Gluten (%)	Zeleny sediment volume (ml)	SDS sediment height (mm)	Bread volume (cm^3)
1	Moderate	1051	Sardari	38.4	10.1	62.3	42.4	11.1	41.9	24.5	24.9	49.6	442.3
2	Cold	573	Azar2	38.5	10.2	62.7	44.2	11.3	42.9	24.9	25.6	52.2	450.7
3	Moderate	53	Baran	39.6	8.9	62.5	43.2	11.5	42.5	23.8	20.7	53.0	459.7
4	Warm	65	Zagros	36.8	10.6	64.1	49.7	12.1	48.3	28.8	30.6	60.4	487.9
5	Warm	159	Karim	40.1	10.4	64.0	48.5	11.9	42.4	28.4	28.4	58.7	475.3
6	Warm	291	Kuhdasht	37.1	10.7	63.6	46.5	11.6	44.1	28.9	27.8	56.4	465.8
7	Cold	124	Homa	38.6	9.8	62.1	42.1	11.0	40.0	24.1	23.8	49.3	441.0

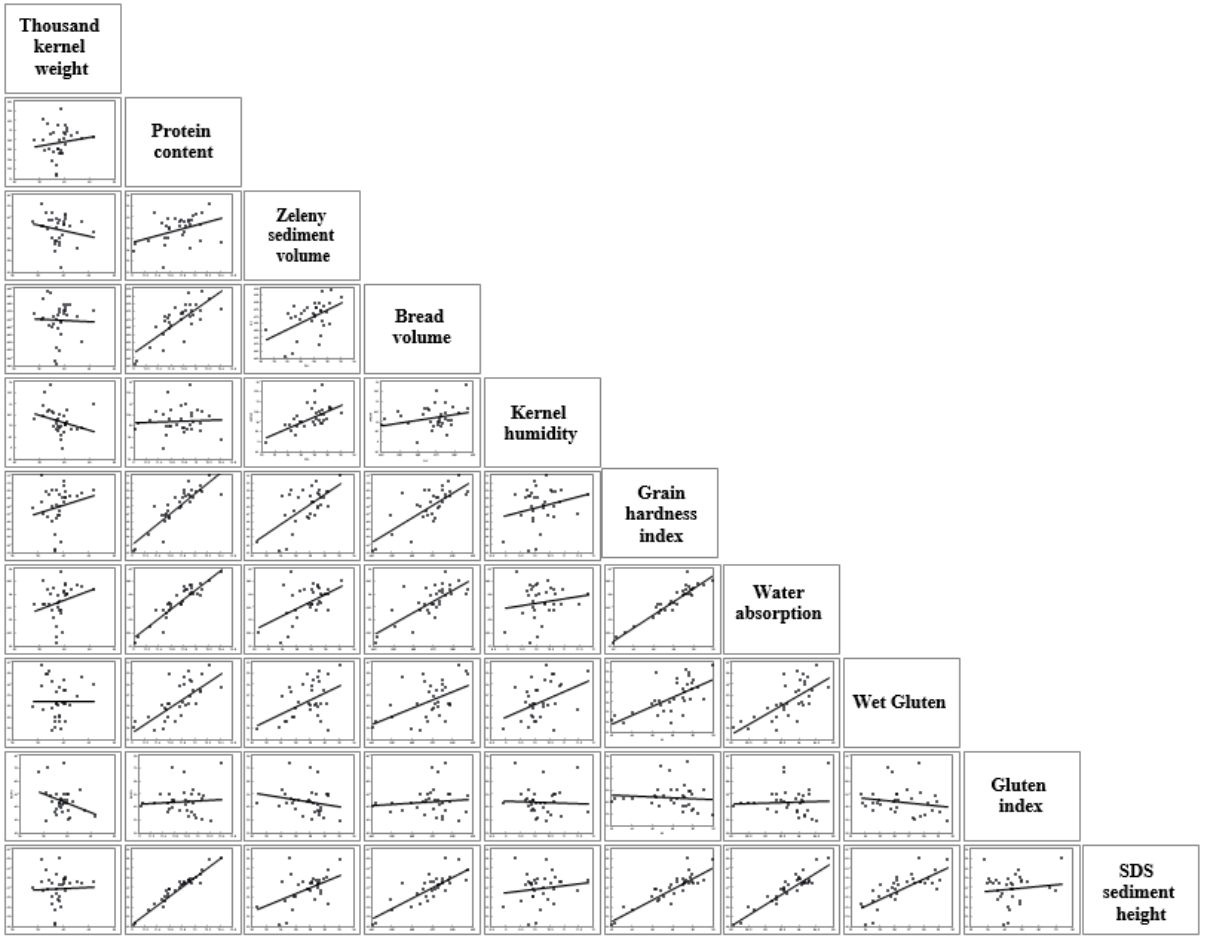
جدول ۳- هم‌بستگی ساده بین صفات کیفی گندم‌های نان کل کشور

Table 3- Simple correlation between bread wheat quality traits across the country

Traits	**Thousand kernel weight**	**Protein content**	**Zeleny sediment volume**	**Bread volume**	**Kernel humidity**	**Grain hardness index**	**Water absorption**	**Wet Gluten**	**Gluten index**	**SDS sediment height**
Thousand kernel weight	**1**									
Protein content	0.016	**1**								
Zeleny sediment volume	0.038	0.161*	**1**							
Bread volume	0.001	0.612**	0.238**	**1**						
Kernel humidity	0.081	0.002	0.344**	0.067	**1**					
Grain hardness index	0.041	0.761**	0.409**	0.582**	0.058	**1**				
Water absorption	0.067	0.844**	0.282**	0.561**	0.022	0.897**	**1**			
Wet Gluten	0.000	0.503**	0.209**	0.249**	0.164**	0.427**	0.477**	**1**		
Gluten index	0.101	0.006	0.044	0.011	0.002	0.007	0.002	0.037	**1**	
SDS sediment height	0.003	0.942**	0.244**	0.653**	0.021	0.768**	0.846**	0.567**	0.013	**1**

** و *: به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * indicate significance at the one and five percent probability levels, respectively.



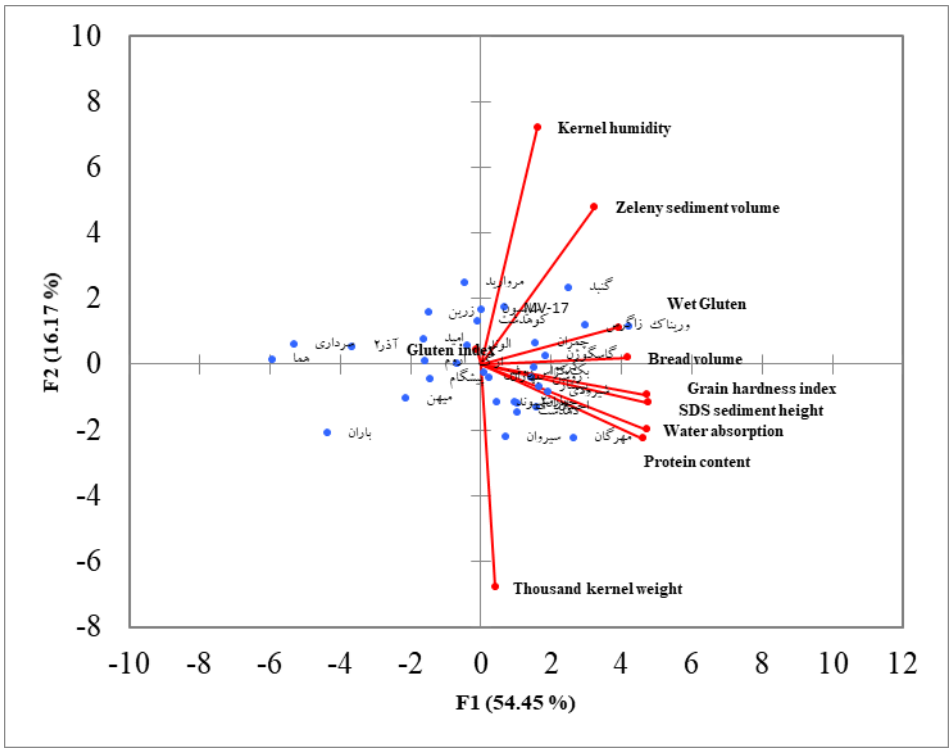
شکل ۱- نمودار توصیفی هم‌بستگی بین صفات کیفی دانه ارقام مختلف گندم کل کشور

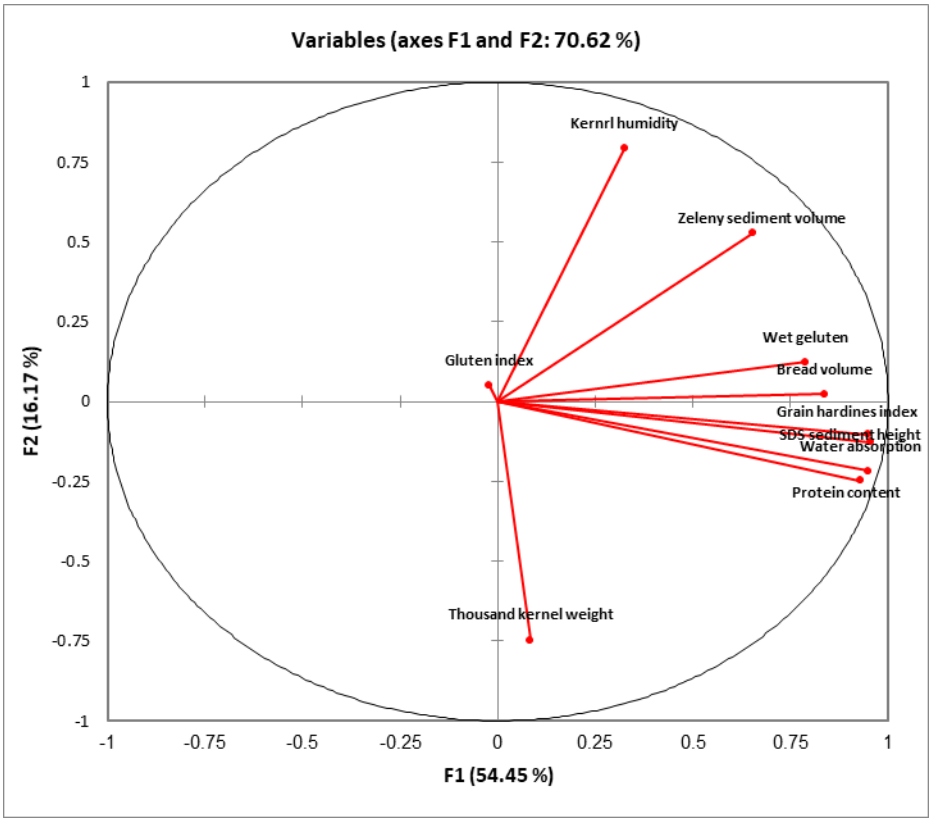
Figure 1. Descriptive diagram for correlation between quality traits of different grain wheat cultivars across the country

در این مطالعه تجزیه چندمتغیره براساس صفات کیفی مرتبط با آرد و پخت نان برای درک بهتر هم‌بستگی بین خصوصیات کیفی رقم‌های مختلف گندم آبی و دیم نان صورت گرفت. نتیجه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که صفات مرتبط با خصوصیات کیفی به سه عامل اصلی تقسیم‌بندی شدند. در این مطالعه عامل اول که بیشترین حجم (۵۴/۴۵ درصد) از تغییرات داده را در بر گرفت، دارای ضریب مثبت و بزرگی برای صفات درصد پروتئین دانه، حجم رسوب زلنی، حجم نان، سختی دانه، جذب آب، گلوتن مرطوب و حجم رسوب SDS است این صفات بیشترین هم‌بستگی را با مؤلفه اول داشته و از طریق این مؤلفه توجیه پذیرند. بنابراین، این مؤلفه را می‌توان مولفه ویژگی‌های رئولوژیکی نامید. مؤلفه دوم که ۱۶/۱۷ درصد از تغییرات کل را در بر گرفت، دارای ضریب بزرگ و مثبت برای حجم رسوب زلنی و رطوبت دانه و از طرف دیگر ضریب منفی برای وزن هزار دانه بود که می‌توان این مؤلفه را مؤلفه ویژگی‌های دانه نام گذاشت. این دو عامل در کل ۷۰/۶۲ درصد از کل تغییرات مربوط به کیفیت گندم‌های تولیدی در ایران را توجیه نمودند. مؤلفه سوم نیز که که ۱۳/۴ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرد (نتایج نشان داده نشده است)، بیشترین هم‌بستگی را با صفت شاخص گلوتن نشان داد که می‌توان این مؤلفه را مؤلفه شاخص گلوتن نام نهاد. با توجه به کسینوس زاویه بین صفات در نمودار بای‌پلات، هر چه زاویه بین دو صفت کمتر باشد، با هم هم‌بستگی بیشتری دارند (Tahmasebpour *et al*., 2023). بنابراین بین صفات کیفی از قبیل گلوتن مرطوب، حجم نان، شاخص سختی دانه، حجم رسوب SDS، جذب آب و درصد پروتئین هم‌بستگی بالایی وجود دارد. هم‌بستگی صفات یاد شده با صفات درصد رطوبت، حجم رسوب زلنی و وزن هزار دانه کمتر می‌باشد. در مطالعه طهماسب‌پور و همکاران (Tahmasebpour *et al*., 2023) نیز بیان گردید صفات کیفی و فیزیولوژیکی گندم که در نمودار بای‌پلات زاویه کمتری با هم داشته باشند، هم‌بستگی بیشتری با هم دارند که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد.

ارقامی از گندم که نزدیکتر به مرکز بای‌پلات باشند، به دلیل اثر متقابل آن با محیط، از پایداری بیشتری برخوردار بوده و ارقامی که از مرکز بای‌پلات دورتر باشند و به ویژه ارقامی که در رأس چندضلعی این بای پلات هستند، از پایداری کمتری از نظر خصوصیات کیفی برخوردار هستند اما دارای سازگاری خصوصی با مکان‌هایی هستند که کمترین زاویه را با بردار آن‌ها در بای‌پلات دارند (Gauch & Zobel, 1996). بر این اساس، ارقام ارگ، اروم، الوند، بک کراس روشن، امید و بهاران که فاصله کمترین با مرکز بای‌پلات دارند، از نظر خصوصیات کیفی مرتبط با آرد و پخت نان کمترین تغییرات محیطی را نشان داده و به عنوان ارقام پایدارتر شناخته شدند. از طرفی ارقام هما، سرداری، باران، ویریناک، مهرگان و گنبد جزو ارقامی بودند از مرکز بای‌پلات دور بوده و از پایداری کمتری از نظر خصوصیات کیفی برخوردار بودند و بیشترین میزان تغییرات محیطی را از نظر خصوصیات کیفی نشان دادند. در این زمینه نجفی‌میرک و همکاران (Najafi Mirak *et*

al., 2020) نیز بیان داشتند که در تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ‌های گندمی که از مرکز بای‌پلات فاصله بیشتری داشتند، دارای پایداری کمتر و تغییرپذیری محیطی بیشتری بودند که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. بر طبق این نتایج ارقام هما، سرداری، باران، ویریناک و مهرگان و گنبد که پایداری کمتری در برابر تغییرات محیطی دارند در محیط‌های خاص ممکن است که خصوصیات کیفیتی بهتری را هم نشان دهند که ممکن است پایدار نباشد. در این زمینه نجفیان و همکاران (Najafian *et al*., 2010) نیز با استفاده از این روش آماری چند متغیره توانستند مکان‌های اجرای آزمایشات مقایسه عمکرد گندم نان در مناطق معتدل ایران را بر اساس تشابه و تفاوت آن‌ها گروه‌بندی کرده و ژنوتیپ‌های گندم سازگار با آن مناطق را شناسایی و معرفی کنند.





شکل ۲- بای‌پلات دو مولفه اول و دوم دخیل در کیفیت گندم‌های تولید شده کشور طی آزمایش پنج ساله

Figure 2 - Biplot of the first and second components involved in the quality of wheat produced in the country during a five-years experiment

References

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Abdelaleema, M. A., & Al-Azab, K. F. 2021. Evaluation of flour protein for different bread wheat genotypes. Brazilian Journal of Biology, 81(3), 719-727. DOI: 10.1590/1519-6984.230403

Ahmed, M. 2015. Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) quality traits and yield to sowing date. PloS one, 10(4), e0126097. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126097

Bayat, H., Omidi, M., Shahnejat Bushehri, A.A., & Naqvi, M.R. 2023. Evaluation of some physiological and biochemical traits in wild and D-genome wheat varieties under water deficit stress. Iranian Crop Sciences, 53(4), 91-77. [In Persian] doi: 10.22059/ijfcs.2021.328612.654848

Belderok, B., Mesdag, H., & Donner, D.A. 2000. Bread-Making Quality of Wheat. Springer, New York, 256.

Bilgin, O., Guzmán, C., Başer, I., Crossa, J., & Korkut, K. Z. 2016. Evaluation of grain yield and quality traits of bread wheat genotypes cultivated in northwest Turkey. Crop Science, 56, 73–84. doi: 10.1371/journal.pone.0219432

Bonfil, D.J., & Posner, E.S. 2012. Can bread wheat quality be determined by gluten index?. Journal of Cereal Science, 56, 115-118. doi: 10.1016/j.jcs.2012.07.003.

Carter, B. P., Morris, C. F., & Anderson, J. A. 1999. Optimizing the SDS Sedimentation Test for End-Use Quality Selection in a Soft White and Club Wheat Breeding Program. Cereal Chemistry, 76(6), 907–911. https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.6.907

Eivazi, A., Abdollahi, S., Salekdeh, H., Majidi, I., Mohamadi, A., & Pirayeshfar, B. 2006. Effect of drought and salinity stress on quality related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. Iranian Journal of Crop Sciences, 7, 252-267. doi: 20.1001.1.15625540.1384.7.3.6.2

FAO. 2020. “Food and Agriculture Organization: internet database”.

Gauch, H.G., & Zobel, R.W. 1996. AMMI analysis of yield trials. PP. 85-122. In: M. S. Kang and H. G. Gauch(Eds.), Genotype by Environment Interaction. CRC Press, Boca Raton, New York.

Geisslitz, S., Longin, C.F.H., Scherf, K.A., & Koehler, P. 2019. Comparative Study on Gluten Protein Composition of Ancient (Einkorn, Emmer and Spelt) and Modern Wheat Species (Durum and Common Wheat). Foods, 8, 409. DOI: 10.3390/foods8090409

Gordon, E., Kaviani, M., Kagale, S., Payne, T., & Navabi, A. 2018. Genetic diversity and population structure of synthetic hexaploid-derived wheat (*Triticum aestivum* L.) accessions. Genetic Resource and Crop Evolution, 66, 335–348. https://doi.org/10.1007/s10722-018-0711-9.

Gulfam, R., Kiarostami, K., Lohrasbi, T., Hasrak, S., & Razavi, K. 2024. Effect of drought stress on traits related to baking quality of two bread wheat cultivars. Agricultural Sciences Research in Arid Regions, 6(4), 223-240. [In Persian] doi: 10.22034/csrar.2024.427004.1381

Horvat, D.; Šimi´c, G.; Dvojkovi´c, K.; Ivi´c, M.; Plavšin, I.; & Novoselovi´c, D. 2021. Gluten Protein Compositional Changes in Response to Nitrogen Application Rate. Agronomy, 11, 325. DOI:10.3390/agronomy11020325

Irani, P. 2000. Pasta quality traits of some durum wheat varieties. Journal of Agricultural Science and Technology, 2, 143-148. Doi: 20.1001.1.16807073.2000.2.2.8.6

Isvand, H.R., Ahmadi, A., Shah Nejat Bushehri, A.A., Postini, K., & Jahan Soz, M.R. 2005. Effect of drought stress and timing of nitrogen fertilizer application on nitrogen transfer, baking quality and band pattern of storage proteins of wheat grain. Agricultural Sciences of Iran, 36(6), 1489-1497. DOI:10.34785/J020.2022.800

Jalal Kamali, M. R., Najafi Mirak, T., & Asadi, H. 2012. Wheat: Research and development strategies in Iran. Agricultural Extension and Education Publications. [In Persian]

Jasemi, S. Sh., Sanjani, S., Naghipour, F., & Najafian, G. 2021. Evaluation of grain quality properties of commercial cultivars and promising lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) produced in farmers' fields in Iran. Iranian Journal of crop sciences, 23(2), 173-183 [In Persian]. DOR:20.1001.1.15625540.1400.23.2.5.1

Jasemi, Sh., Naghipour, F., Sanjani, A., Esfandyaripour, A., Khorsandi, H., & Najafian, G. 2017. Evaluation of quality properties of four wheat (*Triticum aestivum L.*) cultivars in wheat producing provinces, Iran. Iranian Journal of crop sciences, 19(2), 179-195. [In Persian]. Doi:20.1001.1.15625540.1396.19.2.2.0

Khazaei, F., Aghaalijani, M., Mobasher, S., & Mokhtesi Bidgoli, A. 2014. Comparison of some qualitative characteristics of wheat seeds produced in formal and informal farms. 13th Iranian Conference of Agricultural Sciences and Plant Breeding and 3rd National Conference of Seed Science and Technology of Iran. 5 pages. [In Persian]

Lacko-Bartošová, M., Lacko-Bartošová, L., Kaur, A., & Moudrý, J. 2022. Comparative Assessment of Agro-Morphological and Quality Traits of Ancient Wheat Cultivars Grown under Organic Farming. Agriculture, 12, 1476. https://doi.org/10.3390/ agriculture12091476.

Lindgren, A., & Simsek, S. 2016. Evaluation of hard red spring wheat mill stream fractions using solvent retention capacity test. Journal of Food Process Preservation, 40(2), 131–139. https://doi.org/10.1111/jfpp.12590

Longin, C.F.H., Ziegler, J., Schweiggert, R., Koehler, P., Carle, R., & Würschum, T. 2016. Comparative Study of Hulled (Einkorn, Emmer, and Spelt) and Naked Wheats (Durum and Bread Wheat): Agronomic Performance and Quality Traits. Crop Science, 56, 302–311. Doi:DOI:10.2135/cropsci2015.04.0242

Mehrazar, A., Mohammadi, M., Najafian, G., & Izadi Darbandi, A. 2013. Relationship between heavy glutenin subunits and grain quality traits in bread wheat cultivars. Journal of Plant Breeding, Seedlings and Seeds, 29(4), 823-838. [In Persian]. Doi: 10.22092/spij.2017.111193

Migliorini, P., Spagnolo, S., Torri, L., Arnoulet, M., Lazzerini, G., & Ceccarelli, S. 2016. Agronomic and quality characteristics of old, modern and mixture wheat varieties and landraces for organic bread chain in diverse environments of northern Italy. Eurpean Journal of Agronomy, 79, 131–141. DOI:10.1016/j.eja.2016.05.011

Mis, A. 2003. Influence of the storage of wheat flour on the physical properties of gluten. International Agrophysics, 17(2), 71-75.

Mokhtari, N., Majidi, M.M., & Mirlohi, A. 2025. Synthetic wheat as a new source of flour quality under drought conditions: Associations with solvent retention capacity. PLoS ONE, 20(2), e0316945. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0316945

Naghipour, F., Esmaeilzadeh Moghadam, M., Sanjani, S., Najafian, G., Najafimirak, T., & Jasemi, Sh. 2022. Grain quality of irrigated bread wheat produced by farmers in the

southern warm and dry agro-climatic zone of Iran in 2018-2021 cropping seasons. Seed and Plant Journal, 38(1), 1-31 (In Persian). doi: 10.22092/spj.2022.359946.1273

Najafi Mirak, T., Aghaei Sarbarzeh, M., Moyedi, A.A., Keyvan Kafashi, A., & Sayahfar, M. 2020. Analysis of yield stability of durum wheat genotypes using the AMI method. Scientific Research Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(2), 17-28. [In Persian] doi: 10.22034/saps.2021.13087

Najafian, G., Jasemi, Sh., Naghipour, F., Sanjani, S., Esfandiaripour, E., Kaboli, M.M., Karimzadeh, Kh., Khorsandi, H., Pour Payghambar H. A., MortezaGholi, M., Bababie Goli, B., Shafiepour, M. T., & Moslehi, E. S. 2021. Quality properties mapping and evaluation of farmers' field produced wheat of different regions of Iran at provincial and district levels. Agricultural Education Publication. Tehran. 191 pp. [In Persian] doi: 10.22092/spj.2024.363832.1329.

Najafian, G., Kaboli, M.M., Karimzadeh Asl, Kh., Khorsandi, H., Pourpeighambar, J., & Vahabzadeh, M. 2013. Investigating the quality of wheat produced by farmers in different regions of the country. Research project. Agricultural Research, Education and Extension Organization and Natural Resources, Karaj. 110 pages. [In Persian]

Najafian, G., Kaffashi, A.K., & Jafar-Nezhad, A. 2010. Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. Journal of Agricultural Science and Technology, 12, 213-222. doi:20.1001.1.16807073.2010.12.2.1.9

Nikooseresht, R., Najafian, G., Mirfakharai, R., & Dehghani, H. 2009. Evaluation of baking quality of bread wheat cultivars and lines using SDS sedimentation height and heavy glutenin subunits. Journal of Plant Breeding and Seed Breeding, 25(3), 273-283. [In Persian] doi: 10.22092/spij.2017.110988

Pascut, S., Kelekci,K., & Waniska, R. 2004. Effects of wheat protein fractions on flour tortilla quality. Cereal Chemistry, 81, 38-43. DOI:10.1094/CCHEM.2004.81.1.38

Peighambardoust, S. H. 2017. Rheology Test Methods: Wheat, Flour and Dough: Amidi Publications. Tabriz. 67 pp. [In Persian]

Pirayeshfar, B., Jalal Kamali, M.R., & Keshavarz, A. 2006. Quality of domestically produced wheat in the 2003-2004 crop year. 9th Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding. 6 pages. [In Persian]

Preiti, G., Calvi, A., Giuffrè, A.M., Badagliacca, G.; Virzì, N., Bacchi, M. 2022. A Comparative Assessment of Agronomic and Baking Qualities of Modern/Old Varieties and Landraces of Wheat Grown in Calabria (Italy). Foods, 11, 2359. DOI: 10.3390/foods11152359

Racho´n, L., Bobryk-Mamczarz, A., & Kiełtyka-Dadasiewicz, A. 2020. Hulled Wheat Productivity and Quality in Modern Agriculture Against Conventional Wheat Species. Agriculture, 10(7), 275.https://doi.org/10.3390/agriculture10070275

Rakszegi, M., Darkó, É., Lovegrove, A., Molnár, I., Láng, L., Bedő, Z., & Shewry, P. 2019. Drought stress affects the protein and dietary fiber content of whole meal wheat flour in wheat/Aegilops addition lines. PLoS One, 14(2), e0211892. doi: 10.1371/journal.pone.0211892.

Rekowski, A., Wimmer, M.A., Tahmasebi, S., Dier, M., Kalmbach, S., Hitzmann, B., & Zörb, C., 2021. Drought Stress during Anthesis Alters Grain Protein Composition and Improves Bread Quality in Field-Grown Iranian and German Wheat Genotypes. Applied Sciences, 11(21), 9782. doi:10.3390/app11219782.

Sadeghi, F., & Dehghani, H. 2016. Factor analysis and causality of traits related to baking quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Crop Breeding, 8(19), 8-1. [In Persian]. Doi: 20.1001.1.22286128.1395.8.19.1.6

Tahmasebpour, B., Jahanbakhsh, S., Tarinejad, A., Mohammadi, H., & Ebadi, A. 2023. Evaluation of drought-sensitive and drought-tolerant genotypes of winter bread wheat in terms of morphological and physiological traits. Journal of Crop Production, 16(2), 105-124. [In Persian]. Doi:10.22069/ejcp.2023.20693.2541

Tran, K., Konvalina, P., Capouchova, I., Janovska, D., Lacko-Bartosova, M., Kopecky, M., & Tran, P. 2020. Comparative Study on Protein Quality and Rheological Behavior of Different Wheat Species. Agronomy, 10, 1763. Doi: 10.3390/agronomy10111763

Vaziri, M., & Mohammadinejad, Q. 2014. Evaluation of the relationship between traits related to baking quality in bread wheat. 13th National Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran. 5 pages. [In Persian]

Wiwart, M., Szafra ´nska, A., Wachowska, U., and Suchowilska, E. 2017. Quality Parameters and Rheological Dough Properties of 15 Spelt (*Triticum spelta* L.) Varieties Cultivated Today. Cereal Chemistry, 94, 1037–1044. DOI:10.1094/CCHEM-05-17-0097-R

Zörb, C., Ludewig, U., & Hawkesford, M.J. 2018. Perspective on Wheat Yield and Quality with Reduced Nitrogen Supply. Trends in Plant Science, 23, 1029–1037.